

文章编号:1673-9469(2008)02-0013-04

混凝土透水砖的研制

宋志斌¹, 黄明君², 马建军³

(1. 河北工程大学 水电学院, 河北 邯郸 056021; 2. 漳卫南运河德州河务局, 山东 德州 253000; 3. 漳卫南运河邯郸河务局, 河北 邯郸 056005)

摘要:采用正交试验方法配制混凝土透水砖,以混凝土的抗压强度、透水系数、连通孔隙率为指标,分析了骨料粒径、水灰比、骨料比等因素在不同水平下对透水性混凝土性能的影响。试验表明,试验结果与理论分析结果有良好的一致性,可为透水性混凝土的配合比设计提供方向及定量分析方法,试验找出了在一定条件下混凝土透水砖的最优配比方案。

关键词:混凝土透水砖; 正交设计; 配合比

中图分类号: TU522

文献标识码: A

R & D of pervious concrete bricks

SONG Zhi-bin^{1,3}, HUANG Ming-jun², MA Jian-jun³

(1. School of Hydroelectric Power, Hebei University of Engineering, Handan 056021, China; 2. Zhang Wei Nan Canal Dezhou Department, Dezhou 253000, China; 3. Zhang Wei Nan Canal Handan Department, Handan 056005, China)

Abstract: The proportion of pervious concrete bricks is designed by using orthogonal method. The effect of a series factors (the aggregate - diameter, water - cement ratio, aggregate - cement ratio) and different proportional levels to the indexes are analyzed by taking concrete strength, water pervious coefficient, percentage of interconnection voids as indexes. It is proved that favorable agreement is found between analyzing result and experiment finding, so orthogonal design can provide the directions and methods to concrete mix proportion. The experiment has discovered the most superior allocated proportion under the controlled condition.

Key words: pervious concrete bricks; orthogonal design; mix proportion

混凝土透水砖作为一种生态环保型的混凝土材料,其优点已逐渐为人们所认识。它有别于普通混凝土,是采用一种特定级配的集料,利用水泥浆体包裹集料颗粒,并经特定工艺将集料粘结在一起形成带有连通孔隙的混凝土^[1]。混凝土透水砖正是利用这些与表面贯通的连续孔隙,可以在雨天及时排除路面积水,便于汽车的安全行驶和居民的行走方便。另外还可以通过其连通的孔隙将雨水回渗到地下,补充日益缺乏的地下水资源^[2]。但由于透水性,透水砖内颗粒之间不能紧密联结,砖的强度相对较低,不能满足路面砖的使用要求。怎样进行配比设计,找到既能满足强度要求,又能满足透水性要求? 本文对此进行了有益的探讨。

1 原材料与试验设计

1.1 原材料

水泥选用河北太行水泥股份有限公司生产的太行山牌 42.5R 普通硅酸盐水泥。

骨料:采用人工碎石,骨料粒径选用 2.5 ~ 10.0mm, 5.0mm ~ 10.0mm, 5.0 ~ 15.0mm 的单一粒级。骨料颗粒均匀,表面洁净,杂质少,含泥量 < 1%,有机物含量 < 1%。

外加剂:选用天津泰克科技有限公司生产的 XQB 混凝土增强剂。它的作用是保持一定稠度或干湿度的前提下,提高骨料颗粒间的粘结强度,进

而提高透水砖的整体力学性能。

水:选用自来水。

1.2 试验设计

本文利用数理统计所提出的正交试验方法,对透水砖配比及性能的试验方案进行设计,分析配比与强度、透水系数的关系,找到能满足要求的最优配比方案^[3]。

透水砖性能的影响因素:(1)水灰比(W/C)始终是影响混凝土性能最重要的因素之一,透水性混凝土的水灰比既影响强度,又影响其透水性,因此,水灰比的选择十分重要。水泥浆过于干稠,混凝土拌合物和易性太差,水泥浆不能充分包裹骨料表面,虽孔隙率较大,但不利于混凝土的强度;反之,若 W/C 过大,稀的水泥浆可能把透水孔隙部分或全部堵死,既不利于透水,又不利于强度的提高^[4]。目前,透水性混凝土的最佳 W/C 通常介于 0.25 ~ 0.35 之间,故本研究拟选用的 W/C 为 0.27、0.30 和 0.33 三个水平。(2)骨料的粒径也是决定其强度和透水性的主要因素之一,为了保证透水性混凝土强度及其透水功能,粗骨料通常采用单粒径骨料。骨料的粒径越小,颗粒间的接触点愈多,配制的透水性混凝土强度越高,但由于比表面积较大,所需水泥浆的数量增多,骨料间的连通孔极易被填充密实,所以透水性能会降低。综合考虑强度和透水性,骨料选用碎石,粒级为 2.5 ~ 10mm、5 ~ 10mm、5 ~ 15mm 三个水平。(3)骨胶比(G/C)的大小影响骨料颗粒表面包裹的水泥浆薄厚程度以及孔隙率的多少,也就是影响透水性混凝土的强度和透水性。当水泥用量一定时,增大 G/C,骨料颗粒表面水泥浆厚度减薄,孔隙率增加,透水性提高,但强度却降低了;反之,透水性降低,强度提高^[5]。考虑较小粒径骨料的表面积较大,为保持水泥浆体的合理厚度,小粒径骨料的 G/C 适当小一些。本次试验采用的骨胶比初步定为 4.0、4.5、5.0 三个水平。

因为选用的影响因素为三个,各因素的水平数均为三个,故选用 $L_9(3^4)$ 即四因素三水平的正交表安排试验方案(见表 1)。

2 试块制取及性能测定

2.1 试块制作

模具按照路面砖的标准制造,大小为 250 ×

250 × 60mm,将拌和物倒入试模内,用金属棒捣实,整平表面,然后在压力试验机上按压强(2MPa)压制成型,在标准养护室养护 28d。

2.2 性能测试

性能测定按照中华人民共和国建材行业标准《透水砖》JC/T945-2005(02)进行测定^[6]。

该透水砖边长与厚度的比值小于 5,不用抗折强度检验。

1)抗压强度。试件数量为 5 块,加荷速度为 0.4 ~ 0.6MPa/s,匀速、连续地加荷,直至试件破坏,记录破坏荷载(P)。结果以试件抗压强度的平均值表示,计算精确至 0.01MPa。测定数据见表 1。

2)透水性试验。关于大孔混凝土的透水性,参照日本混凝土协会于 1998 年提出的《多孔混凝土性能试验方法草案》规定进行试验和计算;透水系数 T 按日本最近提出的《固定水位透水性测定法》确定。设计的试验装置如图 1 所示。采用高度为 H(mm)、断面积为 A(mm²)的圆柱形试件,上部密封连接透明的圆柱形套筒,并在套筒的上部设一流出口。将其放入一个水槽中,水槽的上部设出水口。水槽出水口至套筒出水口之间的距离为水位差 h^[7]。

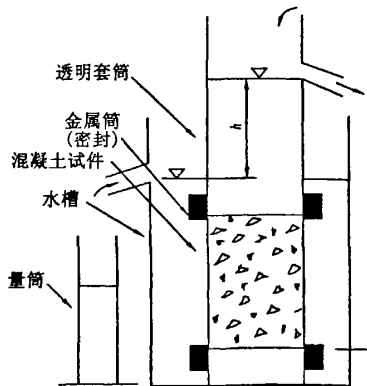


图1 透水试验装置示意图

Fig.1 Water penetration coefficient measuring sketch

根据达西定理,在一定的水头下,单位时间内透过混凝土的水量与混凝土透水面积成正比,与混凝土透水厚度成反比。透水系数 T 按式(1)计算,结果以 3 块试件透水系数的平均值表示,计算精确至 0.01mm/s,测定数据见表 1。

$$T = H \times Q / (h \times A \times \triangle t) \text{ (mm/s)} \quad (1)$$

表 1 $L_9(3^4)$ 试验方案和试验结果

Tab.1 Result of the properties of the pervious concretes of different proportion in material

正交方案					考核性能指标			
编号	A W/C	B G/C	C 粒径	D 空列	强度	密度	连通孔隙率	透水系数
1	1(0.27)	1(4.0)	1(5~10)	1	28.08	1.888	22.01	5.91
2	1(0.27)	2(4.5)	2(2.5~10)	2	21.58	1.825	22.29	4.01
3	1(0.27)	3(5.0)	3(5~15)	3	34.72	1.923	25.72	6.54
4	2(0.3)	1(4.0)	2(2.5~10)	3	69.28	2.039	14.63	2.89
5	2(0.3)	2(4.5)	3(5~15)	1	21.61	2.066	16.12	3.36
6	2(0.3)	3(5.0)	1(5~10)	2	33.33	1.864	24.76	5.25
7	3(0.33)	1(4.0)	3(5~15)	2	23.94	1.962	21.57	0.58
8	3(0.33)	2(4.5)	1(5~10)	3	43.61	1.909	19.4	4.74
9	3(0.33)	3(5.0)	2(2.5~10)	1	39.78	1.921	16.39	1.82

表 2 试验结果的极差分析

Tab.2 The analysis of the result

考核指标	因素	K_{1j}	K_{2j}	K_{3j}	\overline{K}_{1j}	\overline{K}_{2j}	\overline{K}_{3j}	极差 R_j
28d 强度 (MPa)	水灰比 A	89.38	113.22	88.33	29.79	37.74	29.44	8.30
	骨胶比 B	121.30	87.8	81.83	40.43	29.27	27.28	13.15
	粒径 C	75.02	126.64	89.27	25.01	42.21	29.76	17.2
	误差列 D	95.47	90.85	104.61	31.82	30.28	34.87	4.59
透水系数 (mm/s)	水灰比 A	16.46	11.50	7.14	5.49	3.83	2.38	3.11
	骨胶比 B	9.38	12.11	13.61	3.13	4.04	4.54	1.41
	粒径 C	15.90	8.72	10.48	5.30	2.91	3.49	2.39
	误差列 D	11.09	9.84	14.17	3.70	3.28	4.72	1.44
连通孔隙率 (%)	水灰比 A	70.02	55.51	57.36	23.34	18.50	19.12	4.84
	骨胶比 B	58.21	57.81	66.87	19.40	19.27	22.29	3.02
	粒径 C	66.17	53.31	63.41	22.06	17.77	21.14	4.29
	误差列 D	54.52	68.62	59.75	18.17	22.87	19.92	4.70

式中 T —透水系数(mm/s); Q —从时间 t_1 到 t_2 透过混凝土的水量(mm^3); H —大孔混凝土试件的厚度(mm); A —大孔混凝土试件的面积(mm^2); h —水头(mm); $\Delta t = t_2 - t_1$ —测定时间(s)。

3 结果分析

将 28d 强度及透水性进行极差分析列于表 2, 由表可知, 对 28d 强度而言, 最优方案是 $A_2B_1C_2$; 对于透水性, 最优方案是 $A_1B_3C_1$ 。

1) 从表 1 的试验结果及表 2 的分析可以看出, 当水灰比在 0.27~0.33 之间; 骨胶比在 4.0~5.0 之间; 骨料粒径 5~10mm、2.5~10mm、5~15mm 三个水平时, 对于透水性混凝土的 28d 强度, 因素的影响顺序为: 骨料粒径 C→骨胶比 B→水灰比 A→误差 D, 并且骨料粒径和骨胶比的影响较大, 而水

灰比的影响较小。

2) 各因素对透水系数的影响顺序为: 水灰比 A→骨料粒径 C→误差 D→骨胶比 B, 水灰比的影响最为显著, 骨料粒径和骨胶比的影响相对较弱, 其影响在误差范围内。和强度的影响因素相比, 影响顺序正好相反, 由此可以得出, 透水性混凝土的强度和透水性是一对相互矛盾的性能指标; 强度高, 透水性就差, 反之, 透水性好, 强度却会降低。对于连通孔隙率, 因素的影响顺序与透水系数完全一致, 在一定条件下可以说连通孔隙率越大, 透水系数越大。

3) 分析最优配合比, 由透水性混凝土的结构特点可知, 骨料粒径越大, 骨料间的空隙体积增大, 当采用较小水灰比和较大骨胶比时, 混凝土中水泥浆的数量较少, 填充空隙体积少, 故透水性混凝土的连通孔隙率较大, 与试验结果相一致^[8]。

本次试验中,水灰比取 0.30 时为最佳水灰比,此时 28d 的强度最大;对于透水性能,骨胶比取较大,单位体积中水泥用量少,水灰比则取较小一些,混凝土中上下贯通孔隙率较大,透水性能好。本文认为铺地透水砖应首先满足于强度的要求才能使用,否则易坏而无法应用,而透水系数能满足一定的透水性能即可,故最优配合比按照强度兼顾透水性进行选取,为 $A_2B_1C_2$,其试验强度为 58.28MPa,透水系数为 2.89mm/s。

4)对透水性地面砖来说,强度仍是其主要性能,具有一定的透水性就可进行铺装,本文试验结果表明组号 4 的配比是最优方案,其强度为 58.28MPa,透水系数为 2.89mm/s,连通孔隙率为 14.6%,推荐用 4 号的配比方案进行生产。

4 结论

1)对透水性混凝土的强度而言,骨料粒径和骨胶比的影响较大,而水灰比的影响较小。

2)透水性混凝土的强度和透水性是一对相互矛盾的性能指标,在进行配合比设计时应充分考虑二者的相互关系,根据需要进行适当的配合比

设计。

3)透水性地面砖的配合比设计,强度仍是其主要指标,通过对配合比进行合理设计及采用混凝土外加剂可以找到既满足强度要求又满足透水性要求的地面砖。

参考文献:

- [1] 王武祥. 透水性混凝土路面砖的生产与应用[J]. 混凝土与水泥制品, 1998, (4): 54-56.
- [2] 张振秋, 吴晓泉, 陈智丰. 透水性混凝土路面砖的研究[J]. 建筑砌块与砌块建筑, 2003, (1): 20-22.
- [3] 孟宏睿. 透水性混凝土配合比正交设计方法[J]. 陕西工学院学报, 2004, 20(6): 31-34.
- [4] 杨静, 蒋国梁. 透水性混凝土路面材料强度的研究[J]. 混凝土, 2000, (10): 27-30.
- [5] 张红光, 付建华, 韩艳芳. 利用水泥制备高强透水性混凝土[J]. 河北建筑科技学院学报, 2005, (3): 57-59.
- [6] JC/T945-2005, 透水砖[s].
- [7] 刘叶锋, 朋改非, 易全新, 等. 高强透水性混凝土材料试验研究[J]. 混凝土, 2005, (3): 56-58.
- [8] 宋志斌. 透水材料的试验及应用研究[D]. 邯郸: 河北工程大学, 2006.

(责任编辑 闫纯有)

作者: [宋志斌](#), [黄明君](#), [马建军](#), [SONG Zhi-bin](#), [HUANG Ming-jun](#), [MA Jian-jun](#)
作者单位: [宋志斌, SONG Zhi-bin\(河北工程大学, 水电学院, 河北, 邯郸, 056021\)](#), [黄明君, HUANG Ming-jun\(漳卫南运河德州河务局, 山东, 德州, 253000\)](#), [马建军, MA Jian-jun\(漳卫南运河邯郸河务局, 河北, 邯郸, 056005\)](#)
刊名: [河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)
年, 卷(期): 2008, 25 (2)
被引用次数: 4次

参考文献(8条)

1. [王武祥](#) [透水性混凝土路面砖的生产与应用](#) 1998 (04)
2. [张振秋](#); [吴晓泉](#); [陈智丰](#) [透水性混凝土路面砖的研究](#) [期刊论文]-[建筑砌块与砌块建筑](#) 2003 (01)
3. [孟宏睿](#) [透水性混凝土配合比正交设计方法](#) [期刊论文]-[陕西工学院学报\(自然科学版\)](#) 2004 (06)
4. [杨静](#); [蒋国梁](#) [透水性混凝土路面材料强度的研究](#) 2000 (10)
5. [张红光](#); [付建华](#); [韩艳芳](#) [利用水泥制备高强透水性混凝土](#) [期刊论文]-[河北建筑科技学院学报\(社科版\)](#) 2005 (03)
6. [JC/T 945-2005. 透水砖](#)
7. [刘叶锋](#); [朋改非](#); [易全新](#) [高强透水性混凝土材料试验研究](#) [期刊论文]-[混凝土](#) 2005 (03)
8. [宋志斌](#) [透水材料的试验及应用研究](#) 2006

本文读者也读过(10条)

1. [王海燕](#), [刘华章](#), [WANG Haiyan](#), [LIU Huazhang](#) [混凝土透水砖的配合比设计、生产与施工](#) [期刊论文]-[新型建筑材料](#) 2007, 34 (7)
2. [张文静](#), [丁跃元](#), [张书函](#), [ZHANG Wenjing](#), [DING Yueyuan](#), [ZHANG Shuhan](#) [混凝土透水砖透水持久性的研究](#) [期刊论文]-[新型建筑材料](#) 2006 (6)
3. [朱小六](#), [葛华东](#) [透水砖施工方法](#) [期刊论文]-[南北桥](#) 2009 (5)
4. [丁亮](#), [常钧](#), [DING Liang](#), [CHANG Jun](#) [碳酸化养护钢渣制备透水砖](#) [期刊论文]-[砖瓦](#) 2010 (7)
5. [张书函](#), [丁跃元](#), [陈建刚](#) [透水砖铺装地面雨洪利用效果试验研究](#) [会议论文]-2005
6. [李国昌](#), [王萍](#), [Li Guochang](#), [Wang Ping](#) [黄金尾矿透水砖的制备及性能研究](#) [期刊论文]-[金属矿山](#) 2006 (6)
7. [薛明](#), [曹巨辉](#), [汪宏涛](#), [陈逸](#), [杨铁军](#) [透水砖在环境保护领域的研究应用及发展前景](#) [会议论文]-2008
8. [温永胜](#), [WEN Yong-sheng](#) [浅谈混凝土路面裂缝产生的原因及预防措施](#) [期刊论文]-[四川水力发电](#) 2009, 28 (3)
9. [程娟](#), [李伟](#), [郭向阳](#), [CHENG Juan](#), [LI Wei](#), [GUOXiang-yang](#) [透水砖的研制及应用](#) [期刊论文]-[混凝土](#) 2009 (4)
10. [袁春毅](#), [申爱琴](#), [韩继国](#), [赵乐易](#) [磨细矿渣高性能路面混凝土的耐久性](#) [会议论文]-2008

引证文献(4条)

1. [曹露春](#), [张志军](#) [煤矸石透水混凝土的试验研究](#) [期刊论文]-[建材技术与应用](#) 2013 (1)
2. [晋存田](#), [赵树旗](#), [闫肖丽](#), [周玉文](#) [透水砖和下凹式绿地对城市雨洪的影响](#) [期刊论文]-[中国给水排水](#) 2010 (1)
3. [曹露春](#), [张志军](#) [煤矸石生态混凝土透水性及抗压强度研究](#) [期刊论文]-[中国建材科技](#) 2013 (3)
4. [冯伟](#), [蔡瑛](#), [倪作夫](#), [张骏明](#), [邵泉](#) [泡沫玻璃轻骨料混凝土配比正交试验分析*](#) [期刊论文]-[建筑节能](#) 2013 (6)